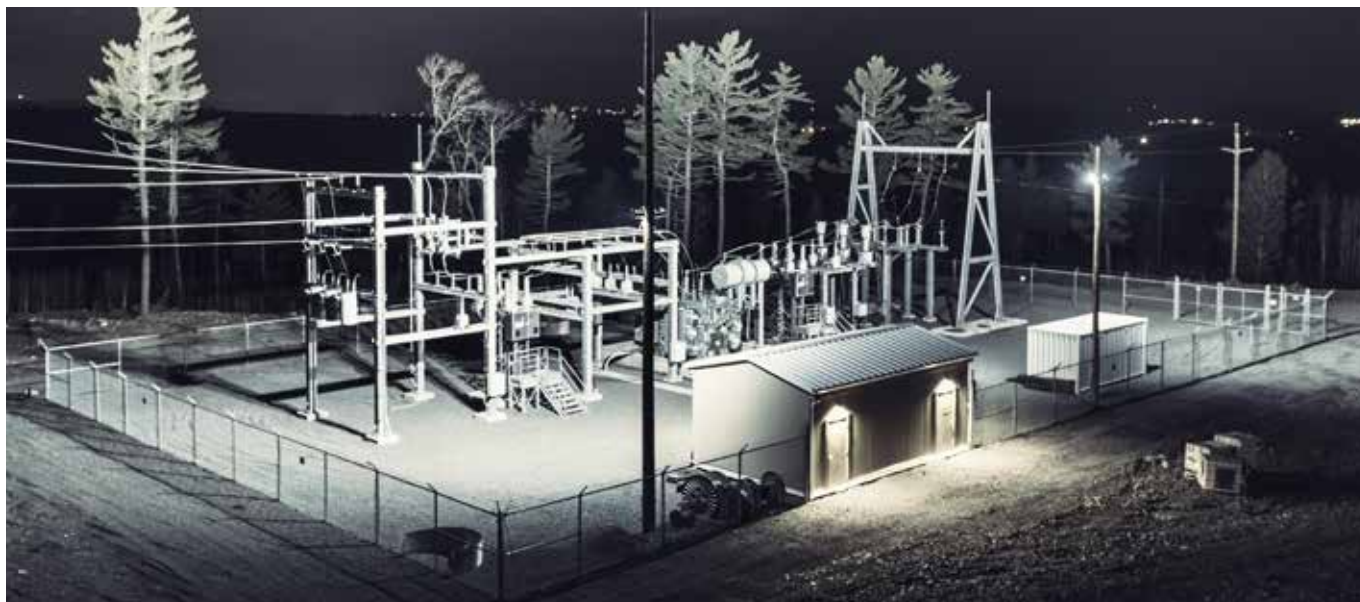


変圧器絶縁油中への空気混入を検出する新たな技術



変圧器の製品寿命は主に、固体絶縁物の状態によって左右されます。変圧器の絶縁油内に酸素が混入すると、最も重要な巻線に使用されている絶縁紙など、固体絶縁物の劣化が加速します。密閉型設計の変圧器の採用が増加したことにより、空気混入の問題の重要性が高まりました。

変圧器への空気混入は通常、ガスケットやゴム袋の脆化によって発生します。したがって、外気の侵入に対して適切に密閉されていることを監視し、確認することは、変圧器の運用寿命を最大化するうえで不可欠です。

従来の方法の欠点

従来、空気混入は標準の絶縁油中ガス・水分 (DGA) の採油において酸素と窒素を計測することで検出していました。しかし、現地での変圧器の採油の精度、および採油されたオイルの輸送やその取扱いの問題は、外気による汚染のリスクとなっています。DGAの窒素レベルの変動を観察することにより、このような汚染を特定することができますが、非常に長い時間を必要とします。(図1)。

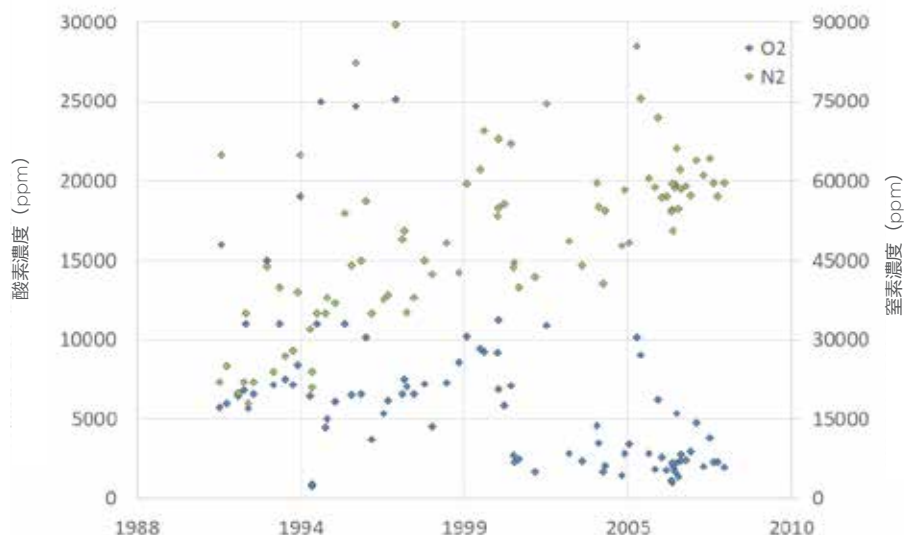


図 1. 密閉型変圧器のDGAオイルサンプルの窒素および酸素の実験室における計測 (1990年～2008年)

常時監視装置によっては、酸素の計測値と、それに基づいて計算された窒素レベルが統合されています。しかし、これらの計算は、絶縁油が酸素と窒素の比率が一定の外気に飽和していることを条件とします。このように計算された窒素値は自由呼吸（開放型）変圧器にのみ有効であり、密閉型変圧器には全く無効であることに留意することが重要です。

図2に、光音響（PAS）に基づくDGA監視装置のデータと試験所の基準値との比較を示します。データからは、試験所の計測値と比較して、常時監視装置の窒素の計算値には大きな偏りがあることがわかります。これは変圧器が密閉されており、外気にさらされていないことに起因します。さらに、18か月のデータ変動が大きいため、変圧器タンクへ空気が侵入した可能性を判断することは、非常に困難になっています。

図3の例に、ガスクロマトグラフ（GC）を基本としたDGA監視装置と試験所の計測基準値との比較を示します。表示値は基準値に近似していますが、適切に定義されたトレンドを判断することはできません。

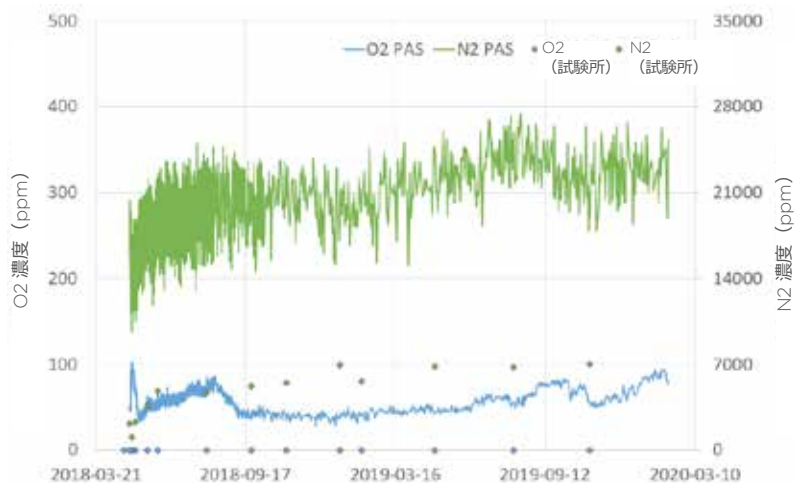


図 2. PASを基本とするDGA監視装置の窒素および酸素のデータと試験所 (lab) の基準値との比較

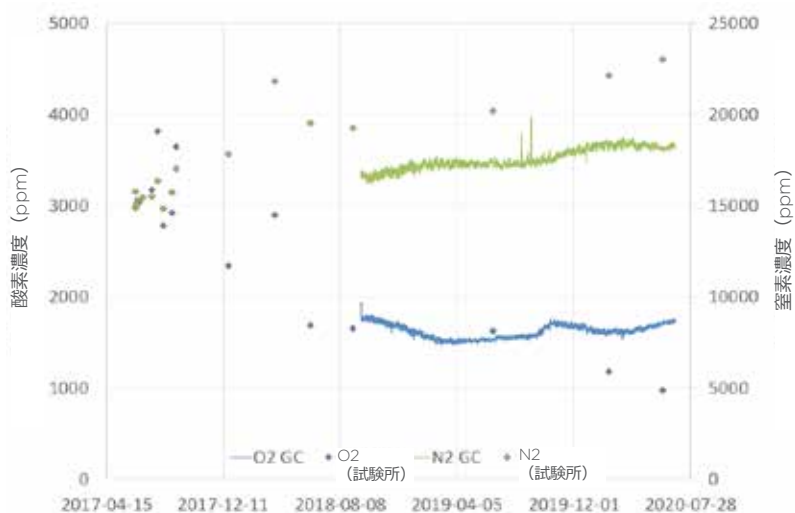


図 3. GCを基本とするDGA監視装置の窒素および酸素のデータと試験所 (lab) の基準値との比較

新たな手法： トータルガス圧の計測

ヴァイサラ Optimus絶縁油中ガス・水分オンライン監視装置 OPT100 (OPT100) は部分真空を使用し、変圧器の絶縁油から溶解ガスを抽出します。また、圧力センサが装備されており、トータルガス圧 (TGP) を計測することで空気の漏れを判断することができます。トータルガス圧は絶縁油中のすべての溶解ガスの分圧の合計です。空気が変圧器タンクに混入した場合、ガスの大部分が窒素と酸素であると考えられます。酸素と窒素は溶解度が低いため、絶縁油から完全に抽出することができます。全圧値に占める異常ガスの割合は非常にわずかです。すべての酸素が消費されたとしても、圧力値により漏れを確実に示すことができます。窒素は変圧器内で生成または消費されないため、窒素の値は時間の経過によって増加し、大半を占めるようになります。このようにして、空気の混入を特定することができます。



図4では、事前に空気混入が特定された密閉型変圧器にヴァイサラOPT100を使用した場合の圧カデータを示しています。脱気前(2017年10月)、絶縁油は外気に飽和しています。溶解ガスの全圧は空気中の窒素の分圧と等しく、800mbarでした。システムに侵入するすべての酸素は同時に消費されています。グラフからわかるように、圧力値は試験所で計測された窒素濃度に酷似しています。該当の試験所は非常に再現性が高く、2つのパラメータの比較は容易で信頼性が高くなっています。脱気以降、再度空気混入が発生し、絶縁油中の外気窒素への飽和度は75%となっていました。

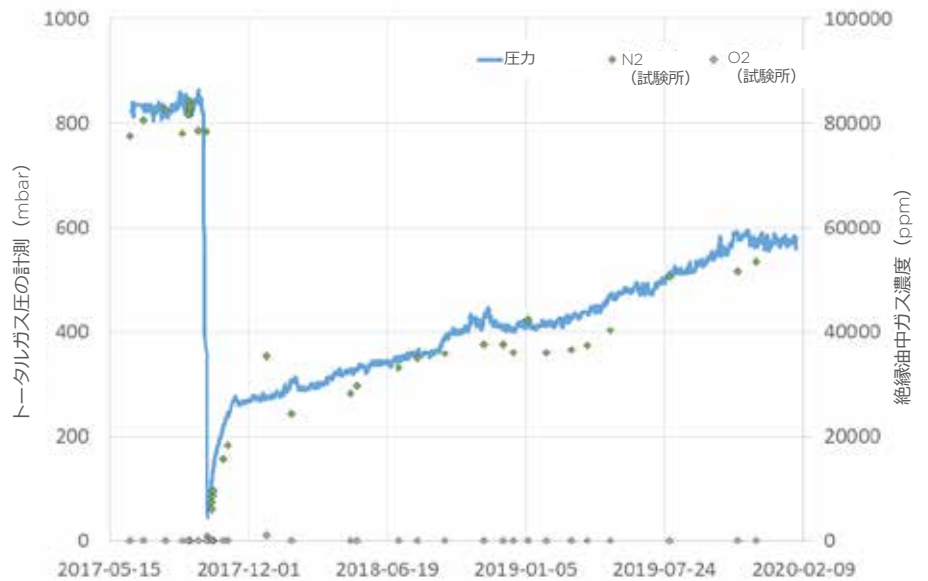


図4. ヴァイサラ OPT100により計測されたガスの全圧計測値と試験所 (lab) により定義された窒素および酸素



図5. ヴァイサラ OPT100により計測された、新品の変圧器の絶縁油中のガスの全圧

図5は新品の密閉型変圧器のトータルガス圧を示しています。溶解ガスの全圧により、実用的な品質管理対策を立てることができます。新品の変圧器の試運転を行う場合、そのタンクにはよく乾燥された絶縁油が充填され、真空中に脱気されます。これは、変圧器に通電する時点でのガス圧力が非常に低いこと(100mbar未満)を意味します。ガス圧力が高い場合、密閉または試運転プロセス自体に問題があるおそれがあります。いずれの場合でも、固体絶縁物内に捕捉されたガス、窒素、または乾燥空気が絶縁油中に溶解しているため、試運転後の最初の数週間、ガス圧力がわずかに上昇することがあります。



適切に密閉された変圧器は、長期にわたり、つまり変圧器の寿命を通して、ガス圧力のレベルを低く維持することができます。図 6 においては、ヴァイサラ OPT100 により29年前から使用されている100MVA変圧器から収集したデータを示しています。特に、この変圧器内の絶縁油は1989年の試運転以降、処理が行われていません。ガス全圧は低く、約250mbarに安定して維持されており、25%の大気圧を示しています。



図 6. ヴァイサラ OPT100により計測された、29年間使用された変圧器の絶縁油中のガスの全圧

トータルガス圧 - 信頼の証明

標準的な変圧器の異常診断において、酸素と窒素が関連性のあるパラメータではないと仮定すると、絶縁油中の実際の濃度を常時監視する必要はなく、酸素がタンクに混入しているかどうかに関する情報のみを監視すればよいということになります。

IR技術により酸素を計測することはできません。電気化学セルなどのその他の技術は通常、長期計測し続けることは不可能です。これに対応して、ヴァイサラは圧力の計測を基本とした、信頼性が高く直感的に判断できる新たな空気混入検出技術を開発しました。

一部の試験所からは、周囲気圧に対する全分圧など、すべての溶解ガスを参照するパラメータについての報告があります。値が定義された条件の違いも考慮すると、これは新たなトータルガス圧パラメータに相当します。

最新のIEEE C57.104規格およびCIGRE TB771では、変圧器の異常ガスの典型値に対する酸素と窒素の比率が検討されています。この比率は自由呼吸（開放型）変圧器と密閉型変圧器を分別するためにのみ使用します。このアプローチは変圧器設計情報がほとんどない大型データベースを評価するために使用されていました。

このように、酸素および窒素の計測値には診断値がなく、常時監視において必要なパラメータではありません。より重要なのは、酸素は変圧器内で消費される場合があり、空気が新たに侵入し続けている場合でも低い値に維持される

ことがあるため、酸素と窒素の比率は混入空気を適切に示す値ではないということです。

サンプルの汚染といった要因が酸素と窒素の比率に影響を与える可能性があるため、規格のとおり、特定のサンプルのこの比率を見るだけで変圧器が密閉型または自由呼吸（開放）型であるかどうかを判断することは不可能です。

設計にトータルガス圧を取り入れることにより、直接的かつ直感的な判断ができます。圧力値が安定し、周囲気圧より明らかに低い場合、変圧器が密閉されていることがわかります。周囲レベルのTGPにより、変圧器が自由呼吸（開放型）変圧器であるのか、あるいは重大な空気混入があるのかがわかります。窒素ガスブランク変圧器では一般的にTGPの値が周囲より100 ~ 200mbar高くなります。

VAISALA

詳細は www.vaisala.com/contactus よりお問い合わせください

www.vaisala.com

Ref. B212164JA-A ©Vaisala 2020

本文書は著作権保護の対象となっており、すべての著作権はヴァイサラと関連会社によって保有されています。無断複写・転載を禁じます。本文書に掲載されているすべてのロゴおよび製品名は、ヴァイサラまたは関連会社の商標です。私的使用その他法律によって明示的に認められる範囲を超えて、これらの情報を使用（複製、送信、頒布、保管等を含む）をすることは、事前に当社の文書による許諾がない限り、禁止します。技術的仕様を含め、すべての仕様は予告なく変更されることがあります。